

УДК 621.376.4

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ШУМОПОДОБНЫХ ОПОРНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ КОДОИМПУЛЬСНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Щитников А.А.,

научный руководитель д-р тех. наук Г.Я. Шайдуров

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

*Идея исследования заключается в применении методов радиотехники, хорошо зарекомендовавших себя в спутниковой навигации, системах связи и радиолокации, для проведения невзрывных сейсморазведочных работ, а именно использование свойств ортогональных функций на основе м-последовательности. Режим кодоимпульсной модуляции на базе импульсной технологии имеет ощутимые преимущества, обеспечивая повышение отношения сигнал/шум за счет увеличения базы зондирующего сигнала при псевдослучайной модуляции их последовательностей. Под базой сигнала понимается произведение полосы рабочих частот на длительность посылки  $B=\Delta f \cdot \tau$ . За счет большой базы сигнала существенно снижается мощность излучателя, практически на величину используемой базы сигнала.*

Ключевые слова: М-последовательность, ШПС, кодоимпульсная сейсморазведка.

Во время проведения невзрывных — импульсных или вибрационных сейсморазведочных работ выделение полезного сигнала из шумов является серьезной проблемой. Это вызвано, как и ослаблением самого сигнала во время распространения, так и высоким шумовым фоном работающих источников колебаний. Современные невзрывные импульсные источники семейства «Енисей» создают воздействие ударной силой в 100 тонн, что тем ни менее не является достаточным и требует многократных повторений, для возможности статистической обработки [1]. Дальнейшее увеличение силы удара с одной стороны ограничено техническими сложностями удорожанием устройств, а с другой, разрушать почву, тем самым искажая сигнал и нанося дополнительный вред окружающей среде.

В радиотехнике часто приходится сталкиваться с задачами обнаружения относительно слабого сигнала в условиях помех. К примеру в технологиях GPS и CDMA, где подобная задача стоит особенно явно, широкое распространение получили сигналы с относительной фазовой манипуляцией на основе шумоподобных сигналов (ШПС). Шумоподобная структура сигналов позволяет при помощи корреляционного анализа добиваться эффективного выделения сигнала из шумов, за счет увеличения базы зондирующего сигнала при псевдослучайной модуляции их последовательностей. Под базой сигнала понимается произведение полосы рабочих частот на длительность посылки  $B=\Delta f \cdot \tau$ . За счет большой базы сигнала существенно снижается мощность излучателя, практически на величину  $B$ . [2]

ШПС задаются ортогональными последовательностями, общая черта которых заключается в ярко выраженном максимуме автокорреляционной функции (АКФ). Наиболее известны М-последовательности, коды Голда, Кассами. Для начала работы выберем М-последовательность, как основополагающий, для большинства других кодов.

М-последовательность задается сдвиговыми регистрами с обратными связями через суммирование по модулю 2. На (рис. 1) представлена схема формирования м-последовательности с основанием 3. Данная последовательность в силу своей длинны не обладает практической значимостью, зато на ней можно наглядно показать генерацию кода. Далее проанализируем последовательность с базой 5 (пять сдвиговых регистров, длина последовательности 31 бит) представленной на (рис. 2). На (рис. 4) представлена

относительная фазовая манипуляция, наиболее часто встречающаяся в системах связи и навигации.

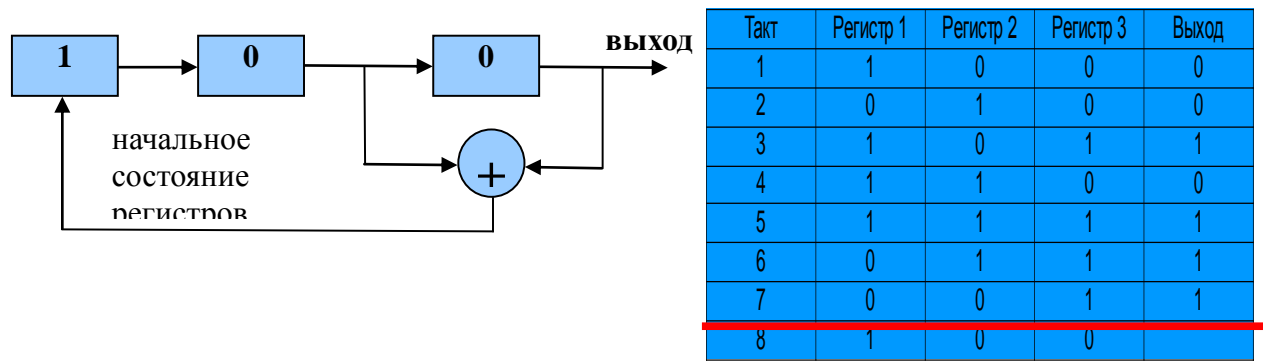


Рис. 1 Формирование М-последовательности с базой 3

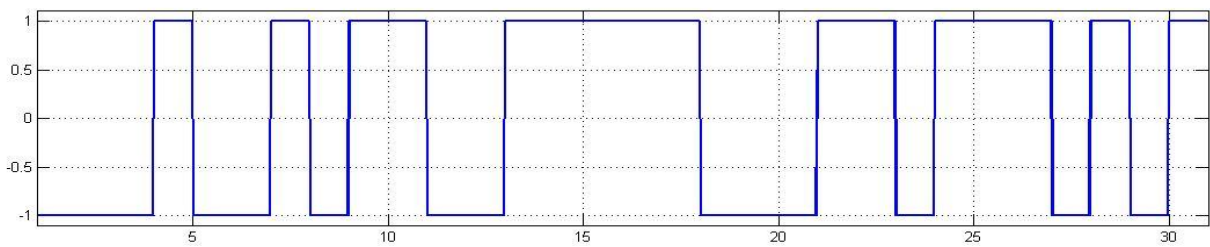


Рис. 2 М-последовательность N=5

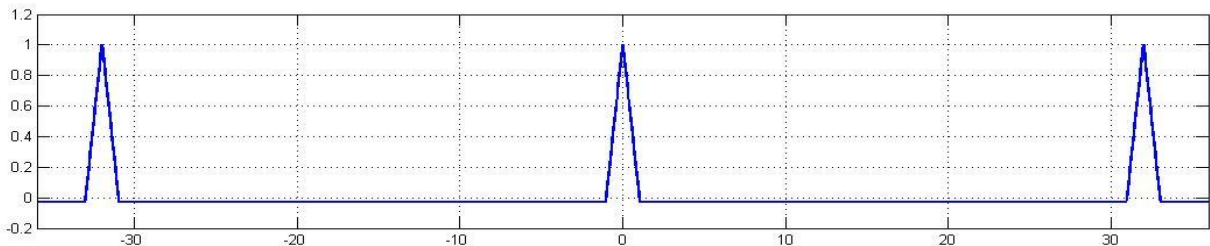


Рис. 3 Автокорреляционная функция М-последовательности

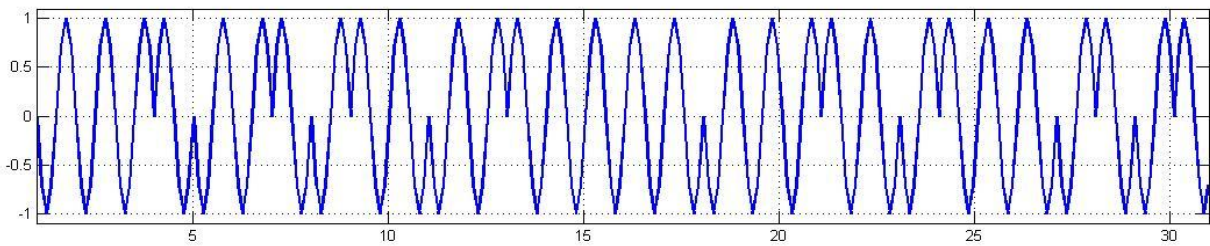


Рис. 4 Относительная фазовая модуляция

Сигнал, изображенный на рис. 2 не представляется возможным излучить в виде сейсмических волн из-за того, что, во-первых, невозможно реализовать обратную полуволну (на данном этапе исследования было принято решение не учитывать обратный отклик поверхности), а во-вторых, последовательное излучение двух положительных полувольт без интервального промежутка, также физически сложно выполнимо. В связи с этим было принято решение модифицировать исходную последовательность таким образом, чтобы колебания были однонаправленными, а информационная составляющая заключалась в относительной временной задержки импульса. В [3,4] предложены различные варианты решения этой задачи. От описанных способов главное отличие настоящего исследования заключается в специально введенной задержки между информационными битами. Это сделано, чтобы избежать излучения двух последовательных импульсов, а также дает время для успокоения затухающих колебаний в геологическом массиве. Данная последовательность

представлена на (рис.5), где верхняя эпюра представляет исходную сигнал в виде логической «1» и «0», а нижняя - соответственно модифицированную.

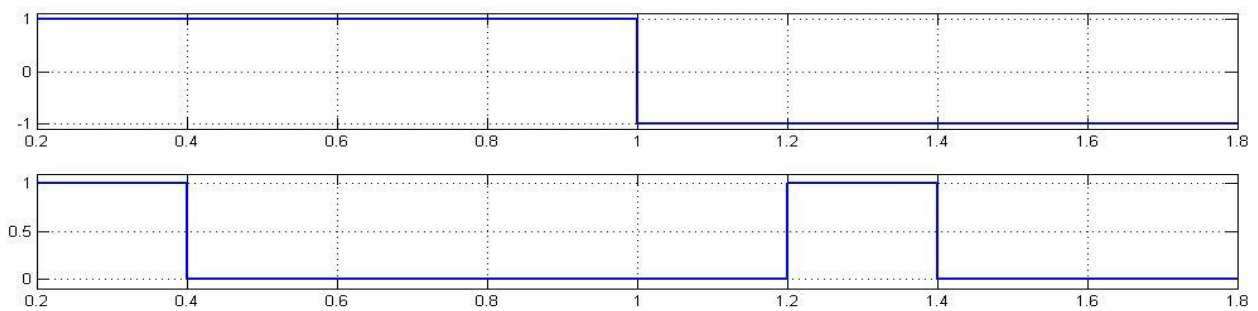


Рис. 5 Модифицированный код

Для проведения корреляционной обработки опорная кодовая последовательность преобразуется так образом, чтобы излученная волна приобретала положительный или отрицательный знак в зависимости от временной задержки (рис.6).

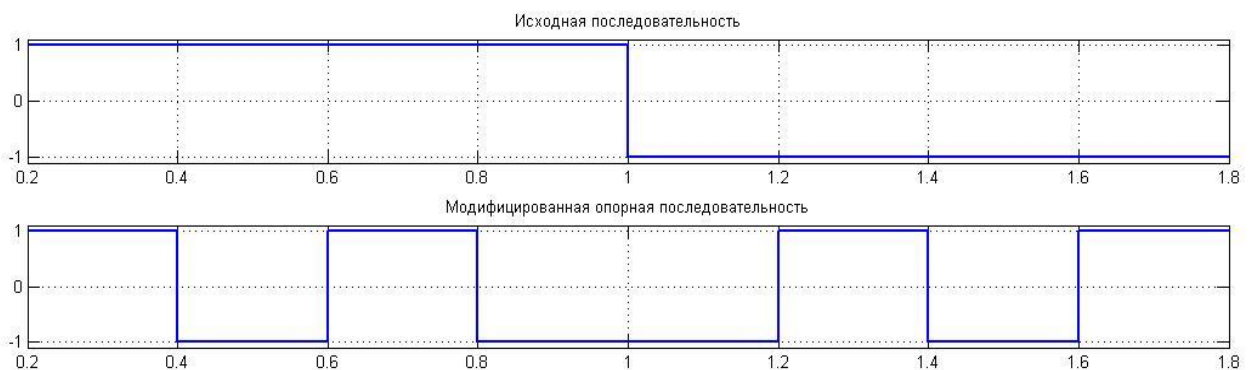


Рис. 6 Опорный код

Взаимная корреляционная функция модифицированной последовательности с опорным кодом (рис. 7) является идентичной АКФ для классической М-последовательности (рис. 3).

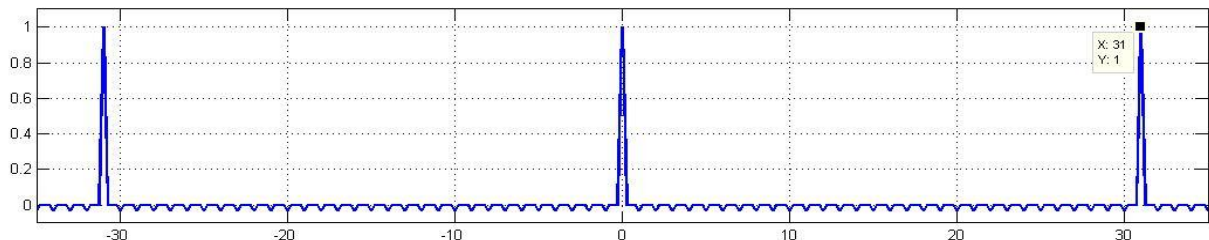


Рис. 7 Нормированная корреляционная функция

### Заключение

На данном этапе компьютерного моделирования кодоимпульсной сейсморазведки, удалось найти закон модуляции, соответствующий требованиям ШПС сигналов, а следовательно обладающий их свойствами, а также, легко осуществимый для физической реализации, что позволяет перейти на новый, практический этап исследования. Следующим шагом исследования будет сравнение м-последовательности с кодами Голда и Кассами, а также определение оптимальной длины последовательности.

Работа выполнена при финансовой поддержке конкурсного проекта П218

Список литературы:

1. Импульсные электромагнитные сейсмоисточники «Енисей». Обзор моделей и опыт практического применения/ В.А. Детков// Приборы и системы разведочной геофизики.- Саратов: 2007.-№04.-с.5.
2. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка/В.Е. Гантмахер, Н.Е. Быстрое, Д.В. Чеботарев. - Спб.: Наука и техника ,2005.-400с.
3. Patent No.: US 6,807,508 B2 Oct. 19, 2004 Seismic prospecting method and device using simultaneous emission of seismic signals based on pseudorandom sequences/ Marc Becquey, Rueil Malmaison (FR)
4. Patent No.: US 5,226,018 Jul. 6, 1993 Geophysical prospecting method using pseudo-random pulse sequences/ Chung Chang, Wilton, Conn.; Benoit Froelich, Marly Le Roi (US)